

### Библиографический список

1. Структура и свойства нанокompозита на основе железа и нанодисперсного углерода / Г.П. Окатова [и др.] // Углерод: фундаментальные проблемы науки, материаловедение, технология: сборник; тез. докл. VI Междунар. конф., 28–30 окт. / ФГУ технол. ин-т сверхтвердых и новых углеродных мат-лов. – Троицк: Тровант, 2009. – С. 183.
2. Тезисы VIII Междунар. конф. «Углерод: Фундаментальные проблемы науки, материаловедение. Технология» / В.С. Урбанович, В.Д. Куис, Г.П. Окатова, Н.А. Свидунович, В.М. Ойченко, Л.В. Баран. – Троицк: Тровант, 2012. – С. 500.
3. Компан, М.Е. Комбинационное рассеяние света в самоформирующемся нанопористом углероде на основе карбида кремния / М.Е. Компан, Д.С. Крылов, В.В. Соколов // Физика и техника полупроводников. – 2011. – Том 45. – Вып. 3. – С. 316–321.

УДК 674.053:621.9

**В.Г. Новоселов, М.Г. Тутынина, Т.В. Полякова**

(V.G. Novoselov, M.G. Tutynina, T.V. Polyakova)

(УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ)

E-mail для связи с авторами: kozerog54@yandex.ru

#### **ИССЛЕДОВАНИЕ И ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ОБРАБОТКИ НА РЕЙСМУСОВОМ СТАНКЕ СР6-8 ПО КРИТЕРИЮ «ТОЧНОСТЬ»**

#### **RESEARCH AND INCREASE OF RELIABILITY OF TECHNOLOGICAL SYSTEM OF PROCESSING ON THE SURFACE GAUGE SR6-8 MACHINE BY CRITERION «ACCURACY»**

*Приведены результаты расчетов наработки до отказа технологической системы обработки на рейсмусовом станке СР6-8 по критерию «точность». Определены линейные и угловые параметры ножей, упрочненных химико-термической обработкой и расположенных тангентально на корпусе вала. Разработан эскиз установки, крепления и регулирования вылета ножей.*

*Results of calculations of an operating time to failure of technological system of processing on the surface gauge SR6-8 machine by criterion «accuracy» are given. Linear and angular parameters of knives are determined, strengthened by chemical heat treatment and located tangential on the bank case. The sketch of installation, fastening and regulation of knives is developed.*

Надежность технологических систем оценивается такими критериями, как: качество продукции, производительность и материальные или стоимостные затраты [1]. При этом качество продукции является определяющим в оценке надежности, поскольку выпуск некачественных изделий приводит к непроизводительным затратам и прямому ущербу для предприятия. Критерием отказа по параметрам качества продукции может служить выход одного из показателей качества изготовленной продукции за пределы, установленные конструкторской и технологической документацией [2].

Одним из важнейших показателей качества является точность размеров, получаемых при механической обработке изделий. Точность обработки оценивается по ГОСТу 27.202-83 [3] коэффициентом запаса точности:

$$K_z(t) = 0,5 - K_c(t) - 0,5K_p(t), \quad (1)$$

где  $K_c(t)$  – коэффициент смещения;

$K_p(t)$  – коэффициент мгновенного рассеяния.

В свою очередь

$$K_c = \frac{|\bar{X}(t) - X_0|}{\delta}, \quad (2)$$

где  $\bar{X}(t)$  – среднее значение контролируемого параметра в момент времени  $t$ ;

$X_0$  – значение параметра, соответствующее середине поля допуска.

$$K_p(t) = \frac{\omega(t)}{\delta}, \quad (3)$$

где  $\omega(t)$  – поле рассеяния контролируемого параметра в момент времени  $t$ ;

$\delta$  – допуск на контролируемый параметр.

В соответствии с ГОСТом 27.202-83 должно выполняться условие:

$$K_z(t) > 0. \quad (4)$$

Основным, определяющим точность обработки является фактическое положение плоскости резания. Считается, что она проходит через центр окружности, вписанной в фактическую режущую кромку лезвия (рис. 1).

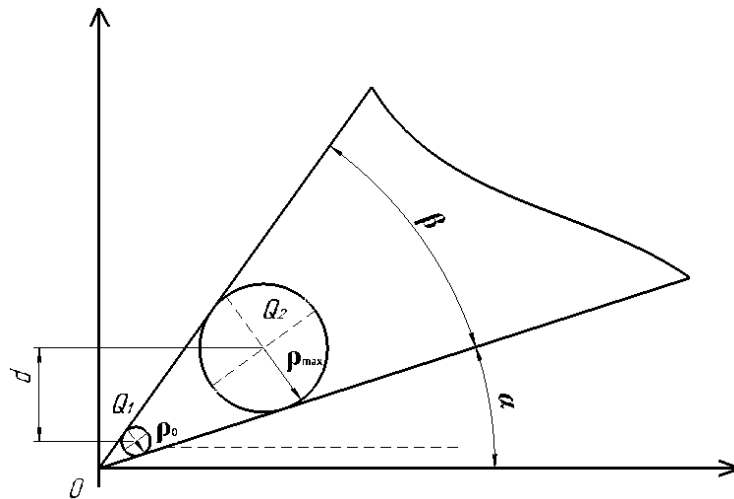


Рис. 1. Схема к расчету положения плоскости резания

В процессе фрезерования деревянных заготовок лезвия монотонно изнашиваются, затупляются. В результате радиус вписанной окружности увеличивается от  $p_0 = 4-10$  мкм до  $p_{\max} \geq 60$  мкм, а ее центр перемещается по биссектрисе угла заточки  $\beta$  из точки  $O_1$  в точку  $O_2$ . При этом лезвия укорачиваются, а поверхность обработки смещается на величину  $d$ , располагаясь ниже плоскости резания на величину остаточной деформации:

$$\delta_{ост} = \rho \varepsilon_o, \quad (5)$$

где  $\varepsilon_o$  – относительная остаточная деформация древесины под поверхностью резания.

В предельном случае отказа по точности примем, что коэффициент запаса точности  $K_z(t) = 0$ , исходя из начальной настройки станка на совмещение среднего значения размера детали с серединой поля допуска и принимая поле рассеяния размера детали не более половины поля допуска, получим:

$$d = \bar{X}(t) - X_0 = 0,25\delta. \quad (6)$$

При обработке деревянных деталей на рейсмусовом станке допуск на разноразмерность обработанных деталей по толщине) в соответствии с нормами точности по ГОСТу 7228-75 [4]) составляет 0,15 мм, а следовательно, смещение  $d$  не должно превышать 37,5 мкм при односторонней обработке.

Выведена формула для определения средней наработки до отказа по параметру качества продукции «точность»  $T_1$  [5]:

$$T_1 \approx \frac{16,7\bar{d}}{\gamma_{\Delta} n l (e - \varepsilon_o)}, \quad (7)$$

где  $\gamma_{\Delta}$  – интенсивность изнашивания – величина затупления режущей кромки, мкм/м;

$n$  – частота вращения инструмента, мин<sup>-1</sup>;

$l$  – длина дуги контакта лезвия с древесиной за время срезания одной стружки, мм;

$e$  – вспомогательная величина.

$$l = \sqrt{\Pi D_p}, \quad (8)$$

где  $\Pi$  – величина припуска, срезаемого за один проход (глубина резания);

$D_p$  – диаметр поверхности резания.

$$e = \frac{\sin(\alpha + \beta/2)}{\sin(\beta/2)} \quad (9)$$

Значения факторов наработки до отказа  $T_1$ , принятые по технической характеристике станка СР6-8 (с применением стальных ножей и с учетом возможных вариаций факторов) представлены в таблице.

Значения факторов наработки до отказа

Фактор ( $X$ )	$X_{\min}$	$X_{\max}$	$X_{cp}$
$d$ , мкм	0	75	37,5
$\gamma_{\Delta}$ , мкм/м	0,0006	0,001	0,0008
$n$ , об/мин	4570	5000	4785
$\Pi$ , мм	1,5	5	3,25
$D_p$ , мм	129,97	130,02	130
$\beta$ , град	44,5	45,5	45
$\alpha$ , град	19,5	20,5	20
$\varepsilon_o$	0,25	0,3	0,275

Как показали результаты проведенного ранее численного эксперимента [6], наибольшее влияние на наработку до отказа в принятых диапазонах варьирования оказывают такие факторы, как величина припуска, снимаемого за один проход  $\Pi$ , и интенсивность изнашивания  $\gamma_{\Delta}$ . Для изучения их влияния на надежность технологической системы обработки на рейсмусовом станке СР6-8 диапазон изменения припуска на обработку  $\Pi$  и интенсивности изнашивания инструмента  $\gamma_{\Delta}$  был разбит на четное количество равных интервалов. Диаграмма средней наработки до отказа по параметру качества продукции «точность»  $T_1$  показана на рисунке 2.

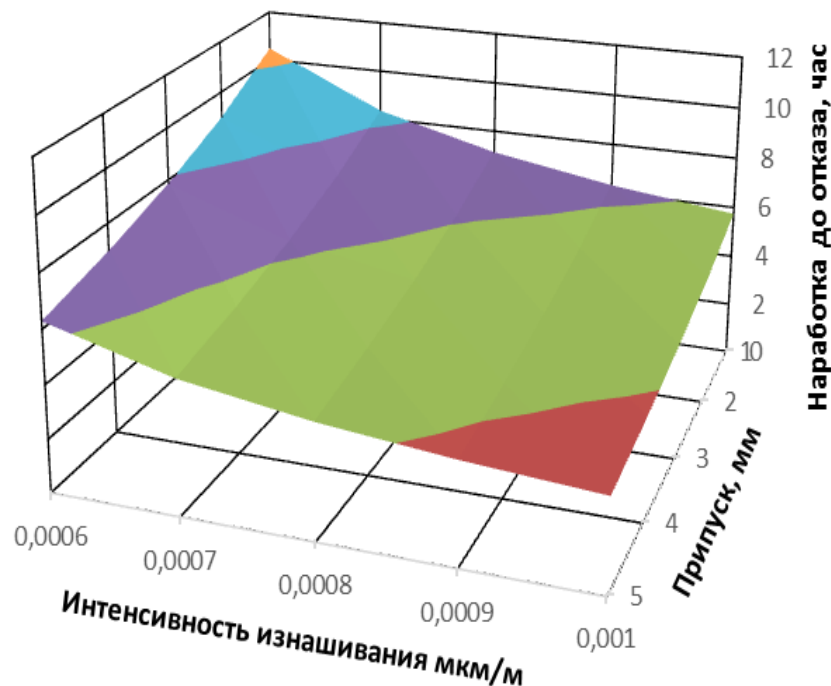


Рис. 2. Зависимость наработки до отказа от величины припуска и интенсивности изнашивания инструмента

Как видно, наработка до отказа по критерию «точность» в зависимости от свойств инструмента и толщины срезаемого слоя древесины может меняться в диапазоне от 3,5 до 10,5 часов при среднем значении 5,34 часа, что значительно меньше рекомендуемых в справочной литературе значений периода стойкости инструмента [7, 8]. Учитывая, что средняя наработка до отказа достигается с вероятностью около 0,5, можно предположить, что примерно половина всех изготовленных даже за это время деталей будет иметь размеры, несоответствующие конструкторской документации.

Использование таких деталей может привести к повышенным перепадам толщин ламелей в собранном и склеенном «на гладкую фугу» мебельном щите либо к превышению натяга в соединениях типа «шип – паз» или «шпунт – гребень», приводящему к невозможности сборки или к растрескиванию сопряженных деталей. Исправление бракованных деталей потребует увеличения материальных и стоимостных затрат на изготовление годных деталей, что в свою очередь чревато отказом технологической системы по другому параметру – «затраты».

Увеличение периода стойкости режущего инструмента (наработки до отказа) может достигаться различными способами. В том числе – насыщением поверхностных слоев, прилегающих к зонам интенсивного изнашивания, химическими элементами, повышающими износостойкость, и химико-термической обработкой (ХТО) [9]. Однако

традиционно заточка стальных ножей производится по задней поверхности лезвия, что приводит к удалению упрочненного слоя именно в зоне интенсивного изнашивания. Для восстановления упрочненного слоя необходимо вновь проводить ХТО, что усложняет и делает дороже обслуживание инструмента. Заточка же по передней грани резко снижает срок службы инструмента ввиду его сравнительно малой толщины и небольшого количества возможных переточек. Следовательно, следует производить заточку по той грани, которая не влияет на толщину ножа. Добиться этого можно изменением расположения ножа на корпусе ножевого вала, т. е. его переворотом: бывшую переднюю грань сделать задней гранью, а бывшую заднюю сделать передней (рис. 3).

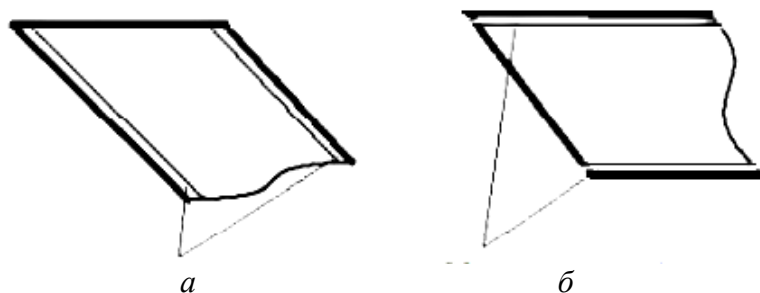


Рис. 3. Позиционирование ножей (упрочненный слой):  
а – стандартное позиционирование;  
б – измененное позиционирование

При этом возникает проблема расположения ножа на корпусе инструмента с точки зрения его допускаемой ширины и соблюдения рекомендуемых угловых параметров. На рисунках 4 и 5 представлены расчетные схемы к определению ширины ножа и переднего угла.

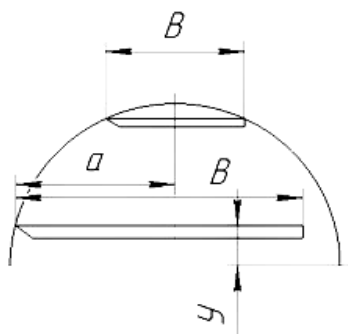


Рис. 4. Эскиз расчета ширины ножа

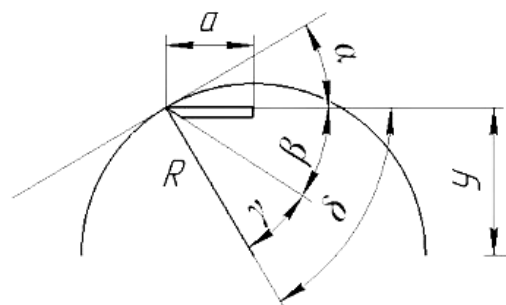


Рис. 5. Эскиз расчета углов

Из геометрических соотношений можно записать систему уравнений:

$$\begin{cases} B = 2R \cos \delta - 2,5 \\ \delta = \arcsin (y/R) \end{cases}, \quad (10)$$

где  $B$  – ширина ножа;

$R$  – радиус поверхности резания;

$y$  – расстояние от центра до задней поверхности ножа.

Решение системы (9) при  $R = 65$  мм,  $\beta = 45^\circ$ :

$y = 56$  мм,  $B = 62,5$  мм,  $\alpha = 30^\circ$ ,  $\delta = 59,3^\circ$ ,  $\gamma = 14,3^\circ$ .

За прототип конструкции ножевого вала была принята полезная модель по патенту России № 125121 «Сборная фреза деревообрабатывающего станка», в которой ножи позиционированы тангентально. На рисунке 6 показано диаметрально сечение фрезы и вид сверху. Фреза содержит корпус 1, в котором выполнены выступы 8 с базисными поверхностями 9, на которых при помощи прижимных планок 3 и винтов 4 установлены ножи 2. В выступе 8 выполнены отверстия, в которых расположены винты регулировки упора 6 с гайками 7 и упорной планкой 5, которая имеет возможность взаимодействия с ножом 2. При помощи упорной планки 5 проводят выставление ножей 2 на один диаметр.

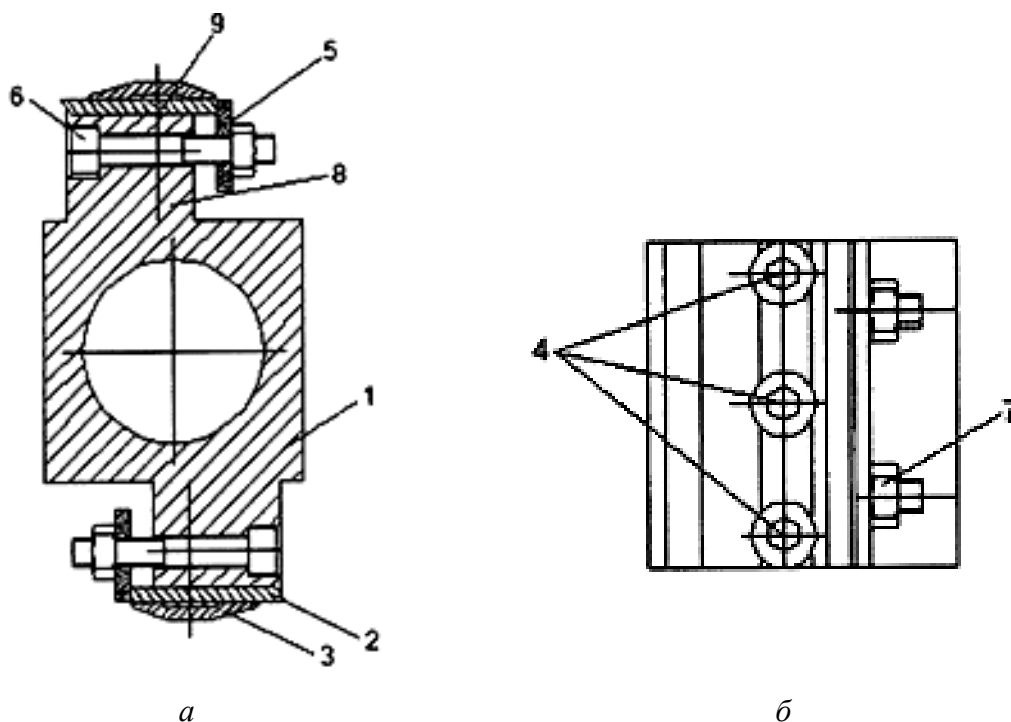


Рис. 6. Сборная фреза деревообрабатывающего станка по патенту России № 125121:

*а* – диаметрально сечение; *б* – вид сверху

Следует отметить, что при данном позиционировании ножей их заточка производится в отличие от стандартной схемы не по задней грани, которая упрочнена, например, химико-термическим способом, а по передней грани, поэтому заявляемая полезная модель позволяет сохранить упрочненную заднюю грань ножей при их заточке в течение длительного времени, что повышает срок службы инструмента.

Недостатками данной фрезы являются: сложность конструкции и низкая надежность крепления и регулирования ножей. Эта модель предусматривает установку только двух ножей, что снизит качество поверхности обрабатываемой детали.

Предлагается новая конструкция фрезы – ножевого вала (рис. 7). Она содержит корпус 1, в котором выполнены выступы 7 с клиньями-стружколомателями 2, которые крепятся винтами 6. Ножи 5 установлены в пазах выступов и закреплены при помощи прижимных планок 3 и винтов 4. Регулировка вылета ножей осуществляется при помощи винтов 8.

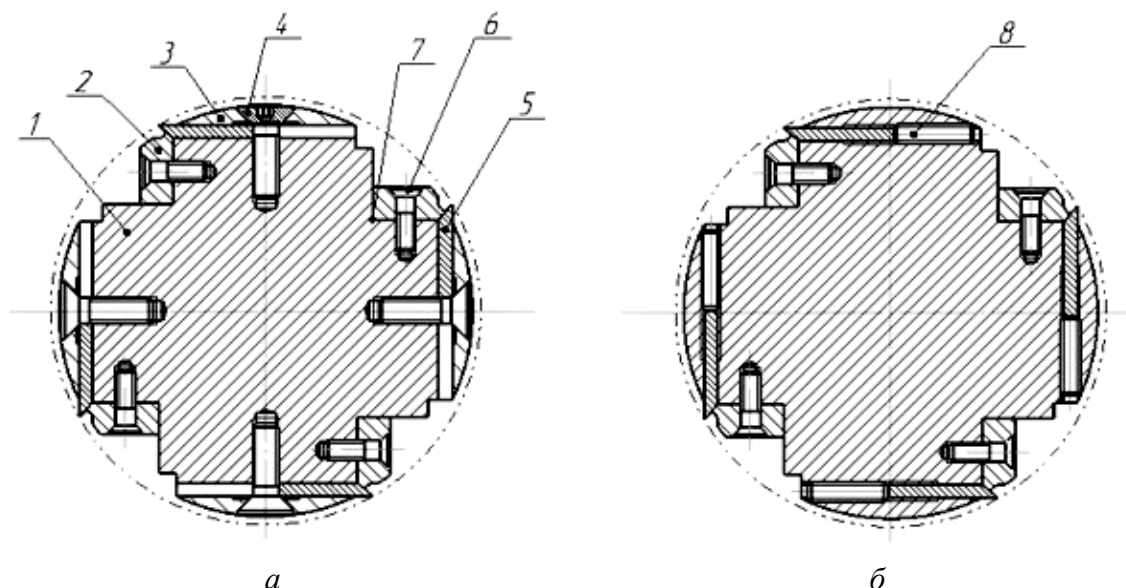


Рис. 7. Эскиз ножевого вала:

*а* – сечение по прижимной планке; *б* – сечение по регулировочному винту

Данная конструкция также позволяет производить заточку по передней грани, сохраняя заднюю, обработанную ХТО. Такая фреза проще в исполнении и облегчает установку ножей на вал. Благодаря установке 4 ножей может быть увеличено число оборотов вала, повышается производительность обработки и точность размеров изделия, снижается шероховатость поверхности. В результате модернизации увеличится период стойкости инструмента, повысится производительность станка и качество изделий.

### Библиографический список

1. ГОСТ 27.004-85. Надежность в технике. Системы технологические. Термины и определения. – Введ. 1986-07-01. – М.: Изд-во стандартов, 1986. – 11 с.
2. ГОСТ 27.203-83. Надежность в технике. Технологические системы. Общие требования к методам оценки надежности. – Введ. 1984-07-01. – М.: Изд-во стандартов, 1984. – 6 с.
3. ГОСТ 27.202-83. Надежность в технике. Технологические системы. Методы оценки надежности по параметрам качества изготавливаемой продукции. – Введ. 1984-07-01. – М.: Изд-во стандартов, 1984. – 50 с.
4. ГОСТ 7228-75. Деревообрабатывающее оборудование. Станки рейсмусовые. Основные параметры. Нормы точности и жесткости. – Введ. 1995-01-01. – М.: Изд-во стандартов, 1995. – 14 с.
5. Новоселов, В.Г. Физический метод расчета надежности технологической системы деревообработки по параметру качества продукции «точность» / В.Г. Новоселов, И.Т. Глебов // Надежность и качество: мат-лы междунар. симпозиума, 25–31 мая. – Пенза: Пензенский гос. техн. ун-т, 2006. – С. 276–278.
6. Новоселов, В.Г. Теоретическое исследование надежности технологической системы деревообработки по параметру качества продукции «точность» / В.Г. Новоселов, Т.В. Полякова // Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент: мат-лы междунар. Евразийск. симпозиума, 20–21 сентября. – Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2006. – С. 108–114.

7. Справочное пособие по деревообработке / В.В. Кислый, П.П. Щеглов, Ю.И. Братенков [и др]. – Екатеринбург: БРИЗ, 1995. – 558 с.

8. Глебов, И.Т. Справочник по дереворежущему инструменту / И.Т. Глебов, Д.В. Неустроев. – Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. акад., 2000. – 253 с.

9. Абдулов, А.Р. Повышение износостойкости стальных ножей сборных фрез методом борирования в порошках / А.Р. Абдулов, В.Г. Новоселов // Леса России и хозяйство в них. – Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т. – 2013. – Вып. 4 (47). – С. 6–9.

**УДК 629.033**

**Л.Т. Раевская**

(L.T. Raevskaya)

(УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ)

E-mail для связи с автором: ltrvsk@yandex.ru

### **РАСЧЕТ КИНЕТИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ СПЕЦИАЛЬНОГО ГУСЕНИЧНОГО ДВИЖИТЕЛЯ**

#### **CALCULATION OF THE SPECIAL CATERPILLAR ENGINE KINETIC ENERGY**

*Представлен динамический расчет привода гусеницы. Было получено соотношение для кинетической энергии механической системы. Обсуждались некоторые особенности вычисления энергии. Движение отдельных частей привода гусеницы было рассмотрено более подробно.*

*Presents a dynamic calculation of the caterpillar drive. The relation of the mechanical system kinetic energy has been obtained. Some features of energy calculation were discussed. The movement of individual parts caterpillar drive was examined in detail.*

Для исследования переходных процессов в механических системах, прежде всего, необходимо получить дифференциальные уравнения, описывающие исследуемые перемещения. При разгрузке-погрузке, при любом изменении направления движения, при начале движения и торможении могут возникать большие динамические нагрузки, превышающие статические. Необходимость в анализе переходных процессов возникает в связи с тем, что производительность машин определяется, кроме всего прочего, временем протекания переходных процессов [1].

В настоящей работе рассматривается процесс начала движения специального гусеничного движителя (рис. 1), особенность устройства которого рассматривалась нами ранее [2].

На рисунке 1 изображен движитель с вновь вводимым узлом – ведущей звёздочкой 3. Она расположена примерно под серединой верхней ветви гусеницы и натяжной звёздочкой 2, размещённой над гусеницей впереди идущей звёздочки. Кроме того, на рисунке 1 показаны:

- направляющий каток 1,
- заднее колесо 4,
- опорные катки 5–8.
- $M_1, M_2, M_3$  – моменты, приложенные к соответствующим звеньям.